

БЛИЖНЕ-АЛЕУТСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 17.07.2017 г. С $M_w=7.8$ НА ГРАНИЦЕ КОМАНДОРСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВРЕШИ

17 июля 2017 г. в 23:34 по Гринвичу (18 июля в 11:34 по местном времени) в Командорском сегменте Алеутской островной дуги произошло сильное землетрясение с магнитудой $M_w=7.8$ (широта 54.35° с.ш., долгота 168.90° в.д., глубина 7 км)¹. Эпицентр землетрясения находился в 200 км к юго-востоку от пос. Никольское (рисунок), расположенного на о. Беринга, где интенсивность сотрясений достигала 6 баллов по шкале MSK-64 (Медведев и др., 1965). Оценки параметров сейсмического события, выполненные в РИОЦ «Петропавловск» КФ ФИЦ ЕГС РАН² по регламентам Службы срочных донесений и Службы предупреждения о цунами, (расположение под акваторией Берингова моря, малая глубина гипоцентра, магнитуда $M_s(\text{PET})=7.6$) соответствовали потенциально цунамигенному землетрясению, поэтому была объявлена цунами-тревога. На о. Симия (о-ва Ближние) высота цунами составила ~ 0.1 м по сообщению Pacific Tsunami Warning Center³. По данным Центра Цунами Камчатского Управления гидрометеослужбы на побережье Камчатского края волны цунами не наблюдались.

Облако афтершоков растянулось вдоль Алеутской дуги, пройдя вдоль Командорских о-вов на западе до о-вов Ближних на востоке (рисунок). Поэтому землетрясение 17.07.2017 г. было названо Ближне-Алеутским землетрясением (БАЗ). За месяц, прошедший после сильного землетрясения, было зарегистрировано более 400 афтершоков, из них 10 с магнитудой $M_L \geq 5.0$.

БАЗ относится к сильнейшим ($M_w=7.8$) задуговым мелкофокусным землетрясениям под Беринговым морем, которые связаны с перемещением блоков Алеутской островной дуги вдоль ее простирания и имеют преимущественно сдвиговый характер подвижки в очаге (Балакина, Москвина, 2010; Гордеев и др., 2015). Афтершоки БАЗ сконцентрированы вдоль трансформного разлома (разломной зоны) Беринга (Селиверстов, 1998), разграничивающего Командорский сегмент

Алеутской дуги (узкую Командорскую микроплиту) и малую литосферную плиту Берингию (Гордеев и др., 2015). На рисунке представлены диаграммы механизма очага БАЗ, а также его сильнейших форшоков и афтершоков, рассчитанные по широкополосным сейсмограммам в КФ ФИЦ ЕГС РАН в соответствии с методикой (Павлов, Абубакиров, 2012). Как и у большинства других сильных землетрясений из района разлома Беринга, механизм очага этих сейсмических событий — преимущественно правосторонний сдвиг по плоскости разрыва, соответствующей простиранию Командорского сегмента Алеутской дуги (направление северо-запад — юго-восток).

Отметим основные особенности БАЗ, которые должны найти трактовку в ходе дальнейшей исследовательской работы над этим сейсмическим событием.

Эпицентральная зона афтершоков имеет длину ~ 500 км, что в 3–5 раз превышает линейные размеры очага для землетрясений с магнитудой 7.7–7.8, происходящих в континентальных или субдукционных областях. Ранее аналогичное несовпадение линейных размеров очага и облака афтершоков было отмечено и для других сильнейших землетрясений Алеутской дуги: 09.03.1957 г. $M_w=8.6$ и 04.02.1965 г. $M_w=8.7$ (Балакина, Москвина, 2010).

Анализ афтершокового процесса БАЗ показывает, что у этого землетрясения наблюдается недостаток сильных афтершоков. Согласно закону Бота (Bath, 1965), разность между магнитудой основного толчка и магнитудой сильнейшего афтершока является приблизительно постоянной и, как правило, равна 1.1–1.2 в единицах моментной магнитуды. Аналогичная оценка получена в работе (Шебалин, Баранов, 2017). В статье (Федотов и др., 1998) для Курило-Камчатской дуги и сходных структур показано, что при землетрясениях, подобных БАЗ по магнитуде, следует ожидать 7–8 афтершоков с $M \geq 6.0$. В нашем же случае сильнейшие афтершоки достигли лишь магнитуды $M_w=5.2^4$ (18.07.2017 г. 06:02) и $M_w=5.54^{4,5}-5.6^6$ (28.07.2017 г. 02:39).

⁴ Определение КФ ФИЦ ЕГС РАН по методике (Павлов, Абубакиров, 2012)

⁵ Определение NEIC: National Earthquake Information, U.S. Geological Survey Center (<https://earthquake.usgs.gov>)

⁶ Определение GCMT: The Global CMT Project (www.globalcmt.org)

¹ Региональный каталог Камчатки и Командорских островов <http://www.emsd.ru/sdis/earthquake/catalogue/catalogue.php>

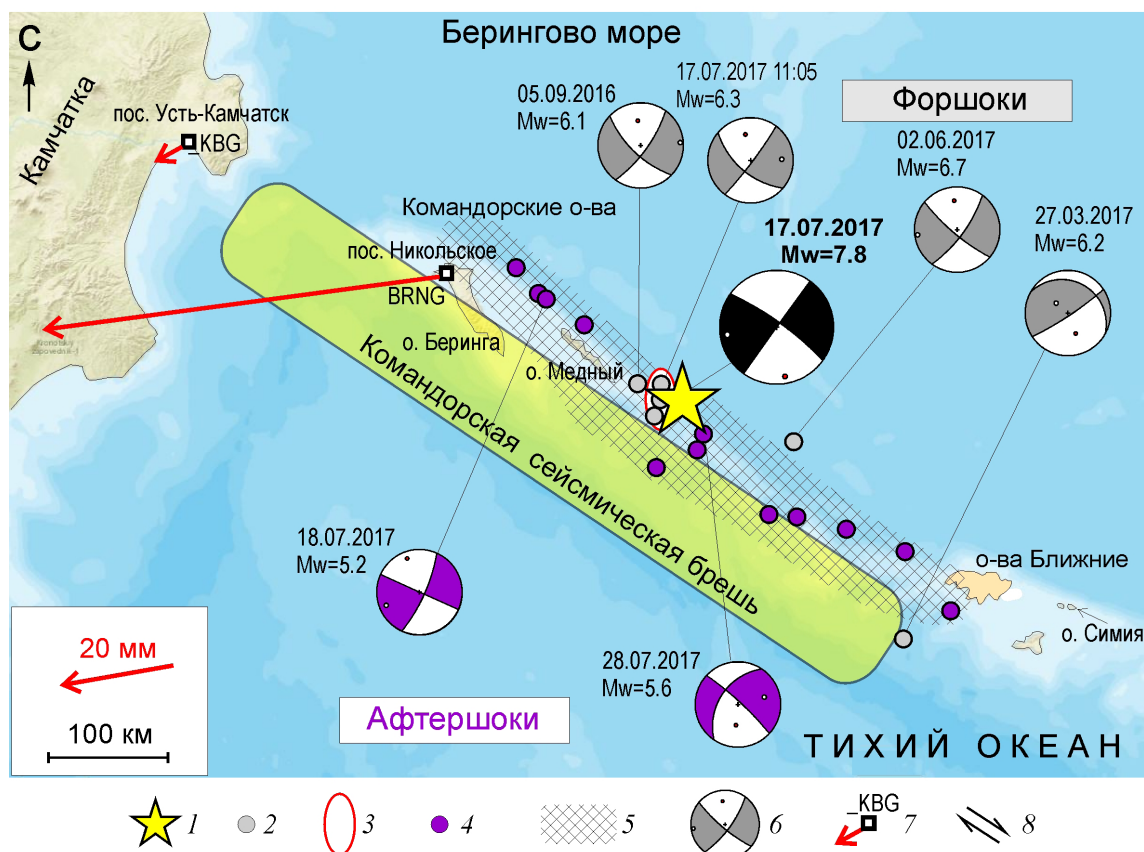
² Региональный информационно-обрабатывающий центр Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук»

³ <http://www.tsunami.gov/events/PAAQ/2017/07/17/ot9dh6/2/WEAK51/WEAK51.txt>

а



б



Эпицентр Ближне-Алеутского землетрясения 17.07.2017 г. на схеме основных тектонических элементов зоны сочленения Алеутской островной дуги с Камчаткой (*а*) и очаговая область землетрясения (*б*). Зоны субдукции: Курило-Камчатская (К) и Алеутская (А). Трансформные разломы (разломные зоны): Беринга (Б) и Стеллера (С) по (Селиверстов, 1998; Gaedicke et al., 2000). Черная стрелка — вектор скорости Тихоокеанской плиты относительно Евразийской; белая стрелка — вектор скорости GNSS-станции BRNG на о. Беринга относительно Евразии (Левин и др., 2012). 1 — эпицентр Ближне-Алеутского землетрясения; 2 — форшоки; 3 — область форшоков, зарегистрированных 17.07.2017 г.; 4 — сильнейшие афтершоки с $M \geq 5.0$ (с привлечением данных NEIC⁵); 5 — очаговая область по облаку афтершоков, зарегистрированных в течение одного месяца после основного события; 6 — диаграммы механизмов очагов в стереографической проекции нижней полусферы; 7 — векторы косейсмической подвижки GNSS-пунктов; 8 — направление сдвиговых подвижек.

Второй особенностью афтершокового процесса является его стадийный характер. В течение первых четырех суток после БАЗ он затухает по закону Омори:

$$\frac{dN}{dt} \sim \frac{1}{t^p},$$

где N — число афтершоков, t — время, p — параметр Омори ($p = 0.87$). Затем характер затухания меняется на экспоненциальный.

В течение нескольких месяцев землетрясению предшествовала форшоковая активность на масштабе сильных землетрясений с магнитудами $M \sim 6$. Особый интерес представляет достаточно интенсивная последовательность форшоков (~ 30 событий) с $M = 3.0$ – 6.3 , начавшаяся за ~ 12 часов до основного толчка, пространственно совпадающая с гипоцентром БАЗ.

По данным Камчатской региональной сети постоянных GNSS наблюдений зафиксировано значительное косейсмическое смещение на о. Беринга (~ 70 мм на станции BRNG) в направлении запад — юго-запад. Этот бросок превышает среднесуточное (~ 55 мм/год по (Левин и др., 2012)) значение скорости движения Командорской микроплиты относительно Евразии и отличается от него по направлению. Данные отличия могут быть объяснены расположением станции вблизи окончания очаговой зоны землетрясения. Кроме того заметное косейсмическое смещение (~ 6 мм на юго-запад) отмечено на ближайшей GNSS-станции _KBG на Камчатке (рисунок).

БАЗ отражает крупную правостороннюю подвижку на северо-восточной границе узкой Командорской микроплиты. При этом с юго-западной стороны микроплиты предполагается существование сейсмической брешы — зоны относительного сейсмического затишья на западе Алеутской островной дуги (Гордеев и др., 2015; Лобковский и др., 2014; Sykes, 1971). Размеры Командорской брешы (длина ~ 600 – 650 км) соответствуют очагу потенциального землетрясения с $M \sim 9$. В плане облако афтершоков БАЗ частично перекрывается с областью брешы (рисунок), однако пространственно они разнесены. Предполагается (Ландер и др., 2009), что относительно небольшая сейсмичность брешы генетически связана с реликтовой зоной косо́й субдукции, перемещенной с юго-востока вдоль дуги. По-видимому, очаговая область БАЗ в целом расположена выше погружающейся здесь на северо-запад реликтовой части Тихоокеанской плиты.

В настоящее время в зоне брешы происходят в основном трансформные (сдвиговые) подвижки, однако потенциально здесь, по-видимому, не исключены и субдукционные (взбросовые) движения. Это видно на примере геодинамического

аналога Командорской брешы (Гордеев и др., 2015; Ландер и др., 2009) — зоны крупнейшего Суматранского землетрясения 2004 г. $M_w = 9.0$, где в области постепенного перехода от субдукционной к трансформной обстановке произошло взбросовое мегаземлетрясение.

Вполне вероятно, что БАЗ привело к изменениям в поле сейсмотектонических напряжений в зоне Командорской брешы. Характер этих изменений пока не известен, но несомненная активизация региона заставляет считать, что прогноз возникновения здесь сильного землетрясения и цунами (Лобковский и др., 2014) остается актуальным.

Изучение БАЗ находится в начальной стадии. Детальный анализ сейсмологических и других новых данных направлен на расширение представлений о сейсмичности, геодинамике и тектонике западной части Алеутской островной дуги и Берингоморского региона. Эти исследования имеют большое значение для уточнения оценки сейсмо- и цунамиопасности северо-западной Пацифики.

Список литературы

- Балакина Л.М., Москвина А.Г. Особенности сейсмогенного процесса в Алеутской островной дуге. III. Землетрясения в западной и восточной окраинах дуги // *Физика Земли*. 2010. № 4. С. 9–34.
- Гордеев Е.И., Пинегина Т.К., Ландер А.В., Кожурин А.И. Берингия: сейсмическая опасность и фундаментальные вопросы геотектоники // *Физика Земли*. 2015. № 4. С. 58–67.
- Ландер А.В., Левин В.Е., Титков Н.Н. Современные движения Командорской микроплиты по сейсмологическим и GPS данным // *Вулканизм и геодинамика: материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии*. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 621–624.
- Левин В.Е., Бахтияров В.Ф., Титков Н.Н. и др. Мониторинг и исследование современных движений земной коры на Камчатке // *Сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке*. Петропавловск-Камчатский: Новая книга, 2012. С. 188–210.
- Лобковский Л.И., Баранов Б.В., Дозорова К.А. и др. Командорская сейсмическая брешь: прогноз землетрясения и расчет цунами // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 4. С. 561–573.
- Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
- Павлов В.М., Абубакиров И.Р. Алгоритм расчета тензора сейсмического момента сильных землетрясений по региональным широко-

- полосным сейсмограммам объемных волн // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. № 2. Вып. 20. С. 149–158.
- Селиверстов Н.И.* Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный мир, 1998. 164 с.
- Федотов С.А., Потапова О.В., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С.* Последовательность опасных афтершоков ($M > 6$) при сильнейших землетрясениях ($M > 7.7$) Курило-Камчатской дуги и сходных структур // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 54–61.
- Шебалин П.Н., Баранов С.В.* Экспресс оценка опасности сильных афтершоков района Камчатки и Курильских островов // Вулканология и сейсмология. 2017. № 4. С. 57–66.
- Bath M.* Lateral inhomogeneities of the upper mantle // Tectonophysics. 1965. V. 2. № 6. P. 483–514.
- Gaedicke C., Baranov B., Seliverstov N. et al.* Structure of an active arc-continent collision area: the Aleutian-Kamchatka junction // Tectonophysics. 2000. V. 325. № 1. P. 63–85.
- Okada Y.* Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space // BSSA. 1985. V. 75. № 4. P. 1135–1154.
- Sykes L.R.* Aftershock zones of great earthquakes, seismicity gaps, and earthquake prediction for Alaska and Aleutians // J. Geoph. Res. 1971. V. 76. Is. 32. P. 8021–8041.
- Д.В. Чебров¹, Ю.А. Кугаенко¹,
И.Р. Абубакиров¹, А.В. Ландер², В.М. Павлов¹,
В.А. Салтыков¹, Н.Н. Титков¹*
¹Камчатский филиал
Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба РАН»
²Институт теории прогноза землетрясений
и математической геофизики РАН